AUS DER PHYSIOLOGISCH-CHEMISCHEN ABTEILUNG DES
PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

WIE BEEINFLUSST MUSKELARBEIT DEN AZIDITÄTSQUOTIENTEN DES HARNS?

DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER ZAHNÄRZTLICHEN DOKTOR-
WÜRDE DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ROSTOCK

VORGELEGT VON

BERNHARD STEINBACH
AUS TRIER

CARL HINSTORFFS HOFBUCHDRUCKEREI / ROSTOCK
1933

Referent: Prof. Dr. v. Krüger.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Wie beeinflußt Muskelarbeit den Aziditätsquotienten des Harns?

Die Regulierung der normalen Wasserstoff-Ionen-Konzentration des Blutes übernimmt im Körper die Niere, indem sie befähigt ist, je nach den Verhältnissen einen mehr oder weniger sauren oder sogar alkalischen Harn auszuscheiden. Sie befreit dabei das Blut von den stickstoffhaltigen und sauren Endprodukten des Stoffwechsels und bestimmt so, neben der nahezu neutralen Reaktion des Blutes, die Azidität des Harns.

Auf diese Zusammenhänge zwischen Wasserstoff-Ionen-Konzentration des Blutes und der Azidität des Harnes haben in letzter Zeit verschiedene Autoren hingewiesen.

So sagt Buinewitsch[1]): „Der ausgeschiedene Urin enthält stets reichlicher Wasserstoffionen als das Blut und reagiert sauer, somit regulieren die Nieren auch die Alkalität des Blutes, deren Verminderung bei Erkrankungen der Nieren eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Entwicklung der urämischen Erscheinungen und der Oedembildung spielt."

Ferner läßt sich Goldberger[2]) wie folgt aus: „Bei der Beurteilung der Frage, ob die Zusammensetzung des Harnes vom Standpunkt der Uraturie günstig oder ungünstig ist, hat die p_H-Bestimmung keine besondere Bedeutung, da zur Entscheidung dieser Frage des Verhältnisses der titrierbaren Säuren und Basen und nicht die aktuelle Reaktion maßgebend ist."

Hausmann[3]) will sogar eine Proportionalität zwischen Blutalkaleszenz und dem Verhältnis der Phosphorsäuren zueinander festgestellt haben.

Henderson[4]) weist auf die Bedeutung der Harnazidität sowohl bei der Azidose als auch unter normalen Bedingungen hin und sagt unter anderem: „Denn bei normalem Stoffwechsel

1) Zeitschrift für Urologie 1928, 519.
2) Zeitschrift für Urologie 1929, 348.
3) Zitiert nach Sander, s. weiter unten.
4) L. J. Hendersen, Biochemische Zeitschrift, 24, 1910.

werden auch die starken Säuren, Schwefelsäure und Phosphorsäure, erzeugt. Schwefelsäure ist so stark, daß sie vollkommen in Verbindung im Harn existiert, aber Phosphorsäure, die im Blut mit Base im Verhältnis 1 : 1,9 gebunden ist, ist im Harn von gewöhnlicher Azidität fast oder ganz ausschließlich als Salz NaH_2PO_4 und seinen Abkömmlingen vorhanden. Auf diese Weise sichert die Azidität des Harns dem Organismus für jedes ausgestoßene Mol Phosphorsäure fast ein Mol Base, und selbst Hippursäure entfernt nicht quantitativ Basen aus dem Körper."

Es ist daher zu verstehen, wenn man aus der Azidität des Harns Rückschlüsse auf den Zustand des Blutes zu ziehen versuchte.

Die übliche Methode, den Aziditätsgrad des Harns zu bestimmen, besteht in der Titration mit n/10-Natronlauge unter Anwendung von Phenolphthalein als Indikator, wobei die Azidität des Harns durch die Zahl der für 10 ccm Harn verbrauchten ccm Natronlauge ausgedrückt wird.

Diese Art der Bestimmung des Aziditätsgrades umfaßt die Summe der potentiellen und aktuellen Azidität des Harns und ist, wie Sander sehr richtig betont, nicht imstande, ein genügendes Bild von dem Verhältnis von Säuren und Basen zueinander im Blute zu geben.

Sander[5]) ergänzt daher die oben schon erwähnte Bestimmung des Aziditätsgrades des Harns mittels Titration mit Natronlauge durch eine solche mit Salzsäure, um so auch gewissermaßen das alkalische Vermögen des Harns festzustellen. Die Azidität des Harnes drückt er dann durch den „Aziditätsquotienten", d. h. durch den Quotienten aus den durch die beiden Titrationen gewonnenen Werten, aus.

Zu dieser doppelten Titration benötigte Sander natürlich 2 Indikatoren, die er durch folgende Ueberlegung fand:

Wichtig war zunächst, bei welchen p_H-Werten die Umschlagspunkte der zu wählenden Indikatoren liegen sollten; die Wasserstoff-Ionen-Konzentration des normalen Harns schwankt zwischen $p_H = 4{,}7$ und $p_H = 6{,}7$.

Die Phosphorsäure kann nicht in freiem Zustande im Harne vorkommen, sondern im äußersten Falle nur als Mono-Na-Phosphat; der p_H-Wert des Harnes kann also nicht unter $p_H = 4{,}2$, dem Titrierexponenten des Mono-Na-Phosphates, herabsinken, weshalb Sander diesen Wert als obere

5) F. Sander, Einfache Bestimmung des Säuregrades im Harn mittels Aziditätsquotient, Zeitschrift für Urologie **25**, S. 913 (1931).

Grenze der Azidität des Harnes festsetzte. Als Indikator, der dem p_H-Wert von 4,2 sehr nahe kommt, fand Sander ein Gemisch von Bromkresolgrün und Methylorange [6]).

Bei der Festlegung der unteren Grenze der Azidität geht Sander vom basischen Di-Na-Phosphat aus, dessen $p_H = 9{,}3$ allerdings über die sonst normale p_H-Grenze des Harnes (6,7) hinausgeht. Das p_H des Harnes kann auch diesen Wert nie erreichen, da alkalisch reagierender Harn Na-Bicarbonat und meist noch freie Kohlensäure enthält. Doch vom Standpunkt der Blutalkalität ausgehend, hält Sander die Festlegung dieses Wertes als untere p_H-Grenze für richtig, da das Blut seine Phosphorsäure fast ganz als Di-Na-Phosphat gelöst enthält. „Die freie, oder richtiger gesagt, locker gebundene Kohlensäure des Blutes aber", sagt Sander, „die seinen p_H-Wert heruntersetzt, ist für die Säurebilanz des Körpers, soweit sie durch die Harnazidität ihren Ausdruck findet, unbeachtlich, da die CO_2-Regulierung des Blutes überwiegend durch die Lunge erfolgt. Es ist ja bekannt, daß der CO_2-Gehalt des Blutes durch Hyperventilation erheblich herabgesetzt werden kann. Uns interessieren hier also nicht die p_H-Werte des Blutes und Harnes, die durch die CO_2 mitbedingt sind, also nicht ihre aktuellen, sondern nur ihre potentiellen Aziditäten. Denn diese allein sind ja ein Maß für den Verbrauch des Körpers an Blutalkalität, indem aus dem basischen Di-Na-Phosphat des Blutes das saure Mono-Na-Phosphat des Harnes entsteht." [7])

Und weiter: „Wenn also der Urin Alkali enthält, das noch im Körper hätte verbraucht werden können, also noch Di-Na-Phosphat und eventuell Na-Bicarbonat, so zeigt dies eben an, daß der Körper zur Zeit der Urinbildung keinen Mangel an Alkali hatte, wofern die Nieren normal arbeiteten. Die Menge des gebildeten Mono-Na-Phosphates im Urin dagegen zeigt uns an, wieviel Alkali der Körper tatsächlich verbraucht hat, indem er Monophosphat aus dem Di-Na-Phosphat des Blutes herstellte. Diese Ueberlegung führt uns also zu dem Titrierexponenten des Di-Na-Phosphates, also $p_H = 9{,}3$ als untere Grenze der Harnazidität." [8])

Als hierfür geeigneten Indikator benutzt Sander das Phenolphthalein.

---

6) Dieser Sander'sche Urinindikator kann von Hollborn und Söhne, Leipzig, Hardenbergstr. 3, bezogen werden.

7) Sander, a. a. O. S. 917.

8) Sander, a. a. O. S. 918.

Sander gibt für die Bestimmung des Aziditätsquotienten zwei Methoden an:

1. Die „Schnellmethode".

Man titriert hierbei die im Harn vorhandene Kohlensäure mit, wodurch allerdings das Resultat ungenau wird. und bei alkalischem Harn infolge der Anwesenheit größerer Mengen von Kohlensäure sich zu hohe Aziditätsquotienten ergeben würden. Diese Methode ist daher nur bei mehr oder weniger stark saurem Harn anwendbar. Ich habe sie deshalb zu meinen Versuchen nicht benutzt.

2. Die „exakte Methode", nach der ich ausschließlich gearbeitet habe, und die daher im folgenden ausführlich beschrieben sei:

Etwa 10 ccm Harn werden zusammen mit 4 g Kochsalz und genau 2 ccm n/4-Salzsäure in eine Gaswaschflasche gebracht; durch dieses Gemisch wird nun mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe lebhaft strömende, kohlensäurefreie Luft ungefähr eine ¾ Stunde hindurchgeleitet, um die Kohlensäure des Harns auszutreiben. Danach fügt man genau 2 ccm n/4-Natronlauge hinzu, um die oben zum Austreiben der Kohlensäure hinzugefügte Salzsäure zu neutralisieren, und bringt eine beliebige Menge dieses Gemisches in ein Becherglas, dem man — bei saurem Harn — 2 Tropfen Phenolphthalein hinzufügt und mit n/10-Natronlauge bis auf Rot (nicht Rosa) titriert. Die hierbei verbrauchten ccm Natronlauge seien mit A bezeichnet. Nach einer ungefähr dreifachen Verdünnung mit Wasser zur Eliminierung einer störenden Wirkung der starken Konzentration des zugesetzten Kochsalzes werden zu dieser roten Lösung 2 Tropfen des Sanderschen Urinindikators zugefügt und mit n/10-Salzsäure auf rein gelb titriert. Hierzu seien B ccm Salzsäure verbraucht worden. Der Aziditätsquotient läßt sich nun nach der Formel $\frac{100 \cdot A}{B}$ errechnen.

Dieses Verfahren eignet sich, wie schon oben angedeutet, nur für saure Harne. Der alkalisch reagierende Harn wird zwar auch zur Austreibung der Kohlensäure genau so behandelt wie der saure, auch wird dann Natronlauge zum Neutralisieren der zugefügten Salzsäure beigegeben, die aber nunmehr das Phenolphthalein rot färbt, da ja der Harn ursprünglich alkalisch reagierte. Man titriert daher zunächst mit n/10-Salzsäure bis zur völligen Entfärbung und dann mit n/10-Natronlauge auf Rot. Zieht man die hierbei verbrauchten ccm n/10-Natronlauge von

den verbrauchten ccm n/10-Salzsäure ab, so erhält man die A-Zahl, die aber negativ ist. Die Ermittlung der B-Zahl ist dieselbe wie die Ermittlung der B-Zahl eines sauren Harnes. Der Aziditätsquotienten wird dann nach der Formel $\frac{-100.A}{A+B}$ errechnet und stellt einen negativen Wert dar.

Nach dieser Methode hat kürzlich E. Helms[9]) bereits eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, die den Zweck verfolgten, die Abhängigkeit des Aziditätsquotienten des Harns von der Nahrungsaufnahme zu untersuchen. Seine Versuche führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Nach der Nahrungsaufnahme sinkt der Aziditätsquotient und erreicht etwa vier Stunden nach derselben sein Minimum. Von da ab beginnt er wieder anzusteigen.
2. Der Abfall des Aziditätsquotienten ist nach der Hauptmahlzeit bedeutend größer als nach dem Frühstück.
3. Wird die Hauptmahlzeit auf eine frühere oder spätere Zeit verschoben, so verschiebt sich das Minimum des Aziditätsquotienten um die gleiche Zeit.
4. Wird die Hauptmahlzeit auf eine frühere Zeit verlegt, so daß sie in die Periode des Abfalls des Aziditätsquotienten der vorangegangenen Nahrungsaufnahme fällt, so schließt sich an diesen Abfall die weitere durch die Hauptmahlzeit bedingte Senkung des Aziditätsquotienten direkt an, so daß es nicht zu einem Anstieg zwischen den beiden Nahrungsaufnahmen kommt.
5. Bei rein vegetabiler Ernährung wird die Tageskurve der Aziditätsquotienten des Harns im Vergleich zu der bei gemischter Nahrung stark nach der alkalischen Seite hin verschoben, ohne daß der Typus derselben sich ändert.

Diese Ergebnisse zeigt in übersichtlicher Weise folgende Kurventafel, die ich nach der Arbeit von Helms zusammengestellt habe. (Abb. 1).

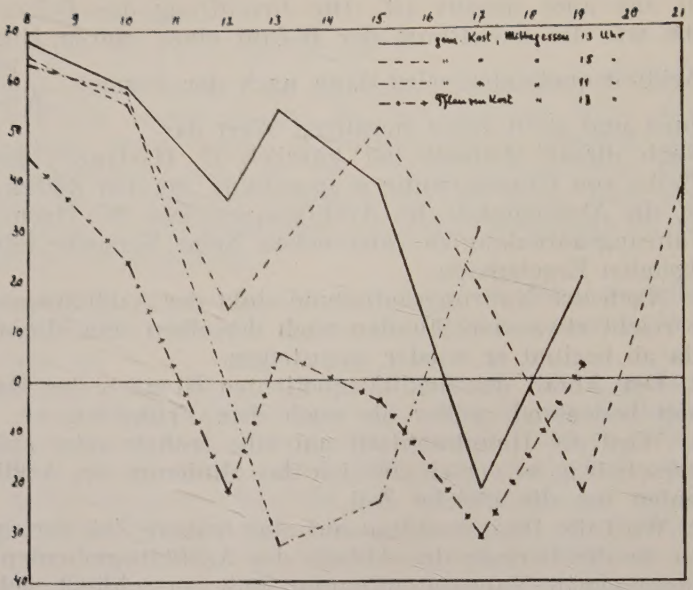
Versuchsergebnisse.

Meine Versuchsergebnisse habe ich durch Untersuchungen an zwei Personen gewonnen, an mir selbst und an einer mir bekannten Dame, die sich freundlichst zur Verfügung gestellt hatte.

---

9) H. Helms, Untersuchungen über die Abhängigkeit des „Aziditätsquotienten" des Harns von der Nahrungsaufnahme. Dissertation Rostock 1933.

Abb. 1.



Die genaueren Daten sind folgende:

Die Mahlzeiten wurden während der ganzen Versuchsdauer genau zur festgesetzten Zeit eingenommen:

Das Frühtstück — 2 Tassen Kaffee und 2 belegte Brötchen — um 8 Uhr, das Mittagessen, ein durchschnittliches Restaurantessen, um 13 Uhr, und das Abendessen, ebenfalls aus gemischter Kost bestehend, um 19 Uhr.

Auf Alkoholgenuß wurde verzichtet, um die Versuche nicht eventuell dadurch zu beeinflussen.

Der Harn wurde alle zwei Stunden gelassen und dann sofort untersucht, und zwar um 8, 10 und 12 Uhr, dann um 13 Uhr — unmittelbar vor dem Mittagessen —, weiter wieder alle zwei Stunden, um 15, 17 und 19 Uhr.

Die Untersuchungsergebnisse wurden in Tabellen eingetragen und die sich aus einer Versuchsreihe ergebenden Durchschnittswerte graphisch dargestellt; es entstanden so die einzelnen Kurven, die den Verlauf der Werte des Aziditätsquotienten des Harns zeichnerisch wiedergaben und so eine Vergleichsmöglichkeit zwischen Normal- und Arbeitskurven boten.

Die erste Aufgabe war es nun, in einer Versuchsreihe, die sich über mehrere Tage erstrecken mußte, bei beiden Versuchs-

personen das Verhalten des Aziditätsquotienten des Harns unter normalen Bedingungen zu untersuchen.

Die sich dabei aus den Mittelwerten ergebende Kurve bezeichne ich als „Normalkurve".

Ich lasse nun die Ergebnisse folgen:

I. Feststellung der „Normalkurven".

Versuchsperson A.

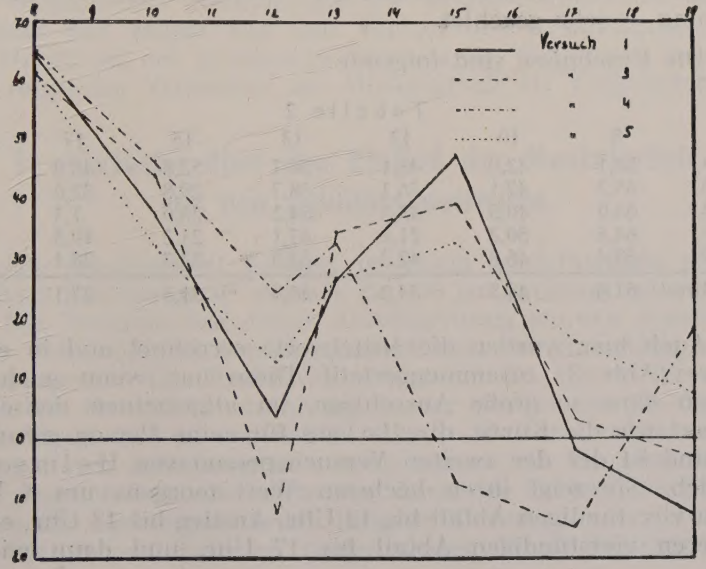
Versuch 1.

An mir habe ich diesen Versuch in der Zeit vom 13. 10. bis 15. 10. und vom 18. bis 20. 10. durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 1 und Abbildung 2.

Tabelle 1

Tag	8	10	12	13	15	17	19
13. 10.	60,4	21,8	—13,2	28,6	38,1	—20,0	—34,4
14. 10.	69,4	32,1	37,5	55,5	66,6	26,2	—15,8
15. 10.	66,6	35,3	— 7,5	— 4,3	31,2	—16,5	— 3,0
18. 10.	50,0	46,4	—21,4	18,1	46,8	— 5,5	- 10,8
19. 10	69,3	35,3	— 9,1	20.0	49,0	10,1	—10,0
20. 10.	69,9	52,7	35,6	40,7	54,2	— 6,3	— 0,5
Mittel	64,3	37,3	3,6	26,4	47,6	— 2,0	—12,4

Abb. 2. Versuchsperson A.



Die Kurve — s. Abb. 2 — zeigt morgens um 8 Uhr ihren höchsten Wert, fällt dann bis 12 Uhr, steigt bis 15 Uhr, um dann wieder konstant bis zum Abend zu fallen. Die Maxima liegen bei meiner Kurve also um 8 und 15 Uhr, die Minima des Aziditätsquotienten um 12 und 19 Uhr.

Dieser Verlauf der Kurve weicht von dem Typus der Tageskurve des Aziditätsquotienten, wie ihn Helms auf Grund seiner Untersuchungen an sich selbst festgestellt hat, insofern ab, als die Kurve nach der Hauptmahlzeit um 13 Uhr, statt zu fallen, weiter bis 15 Uhr ansteigt. Der dann einsetzende Abfall meiner Kurve erstreckt sich bis 19 Uhr, dauert also wie bei Helms vier Stunden an; daher kam es bis zum Abschluß des Versuches um 19 Uhr noch zu keinem Anstieg. Es ist jedoch kaum zweifelhaft, daß es nach dieser Zeit wieder zu einem Anstieg des Aziditätsquotienten kommt.

Versuchsperson B.

Versuch 2.

Die Feststellung der „Normalkurve" meiner zweiten Versuchsperson führte ich in der Zeit vom 22. bis 27. 10. aus. Auch hier wurde auf strenge Einhaltung der Versuchsbedingungen — regelmäßige Mahlzeiten, zweistündliche Harnuntersuchung — sehr geachtet.

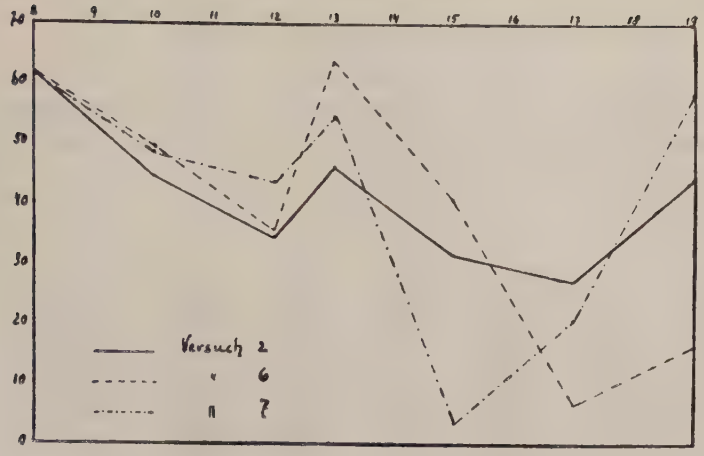
Die Ergebnisse sind folgende:

Tabelle 2

Tag	8	10	12	13	15	17	19
22. 10.	57,1	42,9	48,1	56,7	52,8	48,0	55,3
24. 10.	65,2	42,1	26,1	38,7	29,8	32,6	50,2
25. 10.	64,0	40,5	33,3	54,2	20,0	7,3	26,0
26. 10.	64,5	50,2	21,2	47,1	21.2	19,3	53.3
27. 10.	58,4	46.8	42,3	53,3	33,7	28,4	37,2
Mittel	61,8	44,5	34,2	46,0	31,5	27,1	44,4

Auch hier wurden die Mittelwerte errechnet und in einer Kurve (Abb. 3) zusammengestellt. Diese hat, wenn auch im ganzen ohne so große Ausschläge, im allgemeinen denselben Verlauf wie die Kurve, die Helms für seine Person gefunden hat und ist der der zweiten Versuchsperson von Helms sehr ähnlich. Sie zeigt ihren höchsten Wert morgens um 8 Uhr, einen vierstündigen Abfall bis 12 Uhr, Anstieg bis 13 Uhr, einen weiteren vierstündigen Abfall bis 17 Uhr, und dann wieder

Abb. 3. Versuchsperson B.



einen Anstieg bis 19 Uhr; also drei Maxima um 8, 13 und 19 Uhr — unmittelbar vor den Mahlzeiten, und zwei Minima um 12 und 17 Uhr — jeweils vier Stunden nach der Nahrungsaufnahme.

Diese „Normalkurven" der beiden Versuchspersonen sind in den beigegebenen Abbildungen als ausgezogene Linien eingezeichnet und zeigen also den Verlauf des Aziditätsquotienten des Harns bei der gewohnten Lebensweise. Sie dienen bei den nun folgenden Versuchen mit Muskelarbeit als Vergleichsbasis.

II. Versuche über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Aziditätsquotienten.

Die Muskelarbeit bestand in einem zweistündigen gleichmäßigen Radfahren, in welcher Zeit 30 km zurückgelegt wurden.

Die Versuche mit dieser Arbeitsleistung wurden jeweils zu einer Versuchsreihe von durchschnittlich vier Arbeitstagen zusammengefaßt. Das Radfahren erfolgte in der ersten Versuchsreihe von 10—12 Uhr vormittags, in der zweiten von 13—15 Uhr nachmittags und in der dritten von 8—10 Uhr morgens. Zwischen diesen Arbeitstagen wurden immer ein bis zwei Ruhetage eingeschoben, an denen aber auch der Verlauf der Tageskurve des Aziditätsquotienten festgestellt wurde.

Die in den Tabellen fettgedruckten Werte beziehen sich

auf die Arbeitstage, aus welchen die Mittelwerte berechnet wurden.

Versuchsperson A.

Versuch 3.

Der Versuch wurde vom 21. 10. bis 8. 11. durchgeführt, die Arbeitsleistung von 10—12 Uhr verrichtet. Die Einzelergebnisse zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3

Tag	8	10	12	13	15	17	19
21. 10.	72,5	46,9	— 5,4	52,1	39,6	—11,6	— 0,8
24. 10.	68,3	31,2	5,6	27,5	36,3	20,4	— 1,0
25. 10.	52,4	37,9	—17,6	— 1,5	25,0	—12,5	— 3,7
26. 10.	61,3	33,3	— 4,7	36,7	43,6	21,8	2,4
27. 10.	63,8	47,8	— 1,2	38,4	44,4	10,0	—12,5
28. 10.	65,0	44,4	— 5,5	58,3	40,0	20,0	— 1,3
29. 10.	58,8	38,7	11,3	29,6	42,7	— 5,8	— 0,2
31. 10.	52,7	48,8	22,2	44,5	44,4	—13,5	—21,9
1. 11.	55,4	50,0	— 5,5	— 2,7	43,7	— 8,8	— 2,3
2. 11.	62,8	44,4	— 9,0	19,6	40,5	32,1	—21,4
3. 11.	53,1	37,3	—19,7	56,2	40,0	36,2	— 7,4
7. 11.	76,0	48,2	30,0	24,4	46,8	33,3	26,0
8. 11.	65,8	48,1	— 8,7	47,3	45,1	— 5,1	— 2,7
Mittel	60,7	44,1	—12,5	34,9	39,0	3,0	— 3,0

Die Mittelwerte der an den Arbeitstagen gewonnenen Versuchsreihen wurden berechnet und sind in Abbildung 1 in Kurven zusammengestellt. Abb. 2 zeigt neben dem ausgezogenen Verlauf der Normalkurve die Arbeitskurve gestrichelt gezeichnet.

Die Ausdeutung dieser Kurve ergibt folgendes: Unmittelbar nach der Muskelarbeit sinkt die Arbeitskurve um 12 Uhr wesentlich unter die Normalkurve sogar ins Alkalische hinein. Um 13 Uhr ist die Arbeitskurve über die Normalkurve angestiegen. Der weitere Verlauf der Arbeitskurve ist ungefähr derselbe wie der der Normalkurve, zeigt aber etwas gemäßigtere Werte. Durch die geleistete Muskelarbeit zeigt sich unmittelbar nach der Arbeitsleistung ein starker Abfall des Aziditätsquotienten, auf den sofort ein steiler Anstieg desselben folgt.

Versuch 4.

Bei diesem Versuch wurde die Muskelarbeit in die Zeit von 13—15 Uhr, also unmittelbar nach dem Mittagessen, verlegt. Er erstreckt sich über die Zeit vom 15. 11. bis 25. 11. Tabelle 4 zeigt die Einzelergebnisse:

Tabelle 4

Tag	8	10	12	13	15	17	17
15. 11.	61,4	43,9	27,6	28,5	37,5	— 5,5	— 1,9
17. 11.	56,5	30,0	12,1	37,1	— 4,1	— 3,4	36,6
18. 11.	64,9	39,3	10,2	27,2	30,3	15,6	30,7
19. 11.	68,7	45,4	32,5	52,0	— 8,4	— 4,0	50,0
21. 11.	74,0	57,5	42,9	46,6	38,4	27,7	37,1
22. 11.	64,5	54,5	26,0	— 4,1	—11,8	—25,0	— 4,0
23. 11.	64,0	49,3	35,7	52,1	38,9	21,5	26,2
24. 11.	70,5	55,5	28,2	43,9	— 5,2	—27,1	— 7,4
25. 11.	60,6	46,2	32,5	48,3	36,9	14,7	18,3
Mittel	65,0	46,2	24,7	32,2	— 7,4	—14,9	18,8

Die Mittelwerte der Arbeitskurve sind neben der Normalkurve in Abbildung 2 eingezeichnet. Auch hier finden wir das Ergebnis des vorigen Versuches bestätigt. Die Arbeitskurve sinkt durch die geleistete Muskelarbeit um 15 Uhr schon bis ins Alkalische, während doch die Normalkurve bis 15 Uhr ansteigt; und auch zwei Stunden nach dem Radfahren — bis 17 Uhr noch — hält das Fallen der Arbeitskurve an, dann aber steigt sie rapid und weit über die Normalkurve hinaus. Eine starke Beeinflussung des Aziditätsquotienten des Harns durch die Muskelarbeit ist hier unverkennbar, und auch hier findet — wie bei den ersten beiden Versuchen — erst ein Ausschlag nach der alkalischen Seite statt, dem dann ein solcher nach der sauren Seite folgt.

Versuch 5.

Dieser Versuch zeigt eine morgendliche Arbeitsleistung von 8—10 Uhr und erstreckt sich über die Zeit vom 29. 11. bis 9. 12. Die Einzelergebnisse zeigt Tabelle 5:

Tabelle 5

Tag	8	10	12	13	15	17	19
29. 11.	67,7	45,1	27,7	48,0	29,2	17,1	4,8
30. 11.	67,5	31,2	17,5	37,1	49,8	24,3	18,2
2. 12.	56,6	10,0	—20,0	— 8,7	30,4	14,6	13,8
6. 12.	57,9	47,8	30,4	42,3	32,7	20,1	2,3
7. 12.	72,0	45,6	30,0	53,9	47,6	36,8	20,4
8. 12.	63,4	25,3	12,8	26,9	36,7	12,3	10,9
9. 12.	63,7	49,1	35,2	41,7	33,4	16,1	3,9
Mittel	61,4	32,1	12,7	26,9	32,3	16,0	7,9

Abbildung 2 zeigt das Ergebnis dieses Versuches als Mittelwert in der bekannten Art errechnet und zeichnerisch dargestellt. Die Arbeitskurve sinkt zuerst unmittelbar nach der

geleisteten Arbeit ein wenig unter die Normalkurve herab, aber um 12 Uhr liegt der Aziditätsquotient etwas höher als in der Norm. Ein deutlicher Einfluß der Arbeit ist hier nicht zu beobachten.

Versuchsperson B.

Versuch 6.

Etwa zur selben Zeit wie Versuch 3, nämlich vom 28. 10. bis 9. 11., habe ich den gleichen Versuch bei der zweiten Versuchsperson angestellt. Auch hier waren die Arbeitsleistungen in die Zeit von 10—12 Uhr gelegt, und die Arbeitstage durch Ruhetage unterbrochen. Die Einzelergebnisse sind in Tabelle 6 aufgezeichnet:

Tabelle 6

Tag	8	10	12	13	15	17	19
28. 10.	61,1	50,8	— 2,8	56,6	53,4	— 9,5	14,2
29. 10.	60,0	41,1	35,7	42,4	28,2	5,6	12,7
31. 10.	51,6	44,3	35,8	57,9	40,0	34,6	48,5
1. 11.	59,4	50,0	50,4	58,8	35,9	23,5	32,8
2. 11.	60,5	47,8	50,0	60,6	37,8	—17,0	—11,1
3. 11.	65,2	53,1	56,6	64,8	32,2	23,5	14,3
7. 11.	59,5	48,9	44,4	61,3	41,2	26,8	52,9
8. 11.	60,0	45,4	38,2	73,3	40,7	—10,0	3,7
9. 11.	62,7	46,1	35,3	53,3	37,9	—16,0	16,6
Mittel	61,4	49,8	35,6	63,4	40,5	6,8	16,2

In Abbildung 3 sind in derselben Art wie in Abbildung 2 die Mittelwerte der Arbeitskurve eingezeichnet, und ermöglichen auch hier einen leichten Vergleich mit der eingetragenen Normalkurve.

Das Ergebnis dieses Versuches unterscheidet sich von dem des Versuches 1. Die Arbeitskurve schneidet hier nicht die Normalkurve, da der 12-Uhr-Wert des Aziditätsquotienten allerdings nur wenig über dem 12-Uhr-Wert der Normalkurve liegt; vielleicht ist für die Versuchsperson die Arbeitsleistung des zweistündigen Radfahrens nicht über den Rahmen der von ihr geleisteten stetigen morgendlichen Hausarbeit hinausgehend, so daß der Aziditätsquotient um 12 Uhr nicht tiefer sinkt. Das Ansteigen der Arbeitskurve bis 13 Uhr geht allerdings wieder weit über den Wert der Normalkurve hinaus, und stimmt das wieder voll und ganz mit dem Ergebnis des zur selben Zeit an mir durchgeführten Versuches überein. Am Spätnachmittag sinkt die Arbeitskurve unter die Norm, doch bleibt der Typus

der Normalkurve insofern auch hier gewahrt, als das Nachmittagsminimum des Aziditätsquotienten vier Stunden nach der Mahlzeit erreicht wird.

Versuch 7.

Parallel mit Versuch 4 habe ich zur selben Zeit Versuch 7 bei meiner zweiten Versuchsperson durchgeführt. Die Versuchsbedingungen sind dieselben wie bei Versuch 4 (Radfahren von 13—15 Uhr).

Die Einzelergebnisse folgen in Tabelle 7:

Tabelle 7

Tag	8	10	12	13	15	17	19
15. 11.	59,1	57,3	36,7	35,0	37,1	24,0	30,4
17, 11.	53,8	41,7	37,0	37,2	27,2	50,0	56,6
18. 11.	64,1	60,0	52,0	33,3	50,0	30,3	33,3
21. 11.	65,0	50,1	42,6	65,3	40,8	— 7,4	41,6
22. 11.	61,3	56,0	53,8	60,4	— 5,5	30,7	62,9
23. 11.	62,6	50,1	42,1	48,2	35,0	21,3	31,6
24. 11.	70,0	47,5	39,8	65,0	—12,5	—18,7	57,1
25. 11.	63,5	50,0	43,7	64,2	30,0	22,2	29,3
Mittel	61,7	48,4	43,5	54,2	3,1	20,7	58,8

Die Ergebnisse dieses Versuches decken sich fast ganz mit denen des Versuches an der Versuchsperson A. Auch hier ist die Beeinflussung des Aziditätsquotienten durch die Arbeitsleistung sehr in die Augen fallend: erst wieder ein starkes Absinken bis fast ins Alkalische bis 15 Uhr, dann aber sofort wieder ein Anstieg, der bis zum Abend anhält, dessen 19-Uhr-Wert fast den morgendlichen Höchststand von 8 Uhr erreichtet (s. Abb. 3).

Leider konnte ich den Versuch der frühmorgendlichen Muskelarbeit bei meiner zweiten Versuchsperson nicht mehr zur Durchführung bringen, da sie infolge eines Radsturzes bei dem nassen Boden sich eine Kniegelenkkontusion zugezogen hatte und erst einer längeren — ärztlicherseits geleiteten — Behandlung unterziehen mußte, die Monate in Anspruch nahm.

Zusammenfassung.

Faßt man die Ergebnisse der beschriebenen Versuche zusammen, so kann man feststellen, daß eine Beeinflussung des Aziditätsquotienten des Harns durch Muskelarbeit nicht abzustreiten ist; und zwar äußert sich dieselbe darin, daß während der Muskel-

arbeit der Aziditätsquotient des Harns im Vergleich zur Norm stark abnimmt, um nach derselben wieder steil anzusteigen und über die Norm hinauszugehen, so daß, sozusagen, eine Ueberkompensation der vorangegangenen Aziditätsverminderung resultiert.

Dieses Ergebnis ist etwas überraschend, denn bisher war man der Ansicht, daß die Muskelarbeit nur eine erhöhte Ausscheidung von sauren Bestandteilen zur Folge hätte. So lesen wir im Lehrbuch der Physiologie von Landois-Rosemann, 19. Auflage, 1929, auf S. 356: „Stärker wird die saure Reaktion nach Genuß von Säuren (z. B. Salzsäure, Phosphorsäure), nach starker Muskeltätigkeit, nach Milchnahrung". Dies ist jedoch nach unseren Beobachtungen nur bedingt richtig, denn die angestellten Versuche zeigen übereinstimmend, daß zunächst eine stärkere Herabsetzung der Azidität stattfindet, auf die erst dann eine Erhöhung der Azidität über die Norm hinaus folgt.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. von Krüger an dieser Stelle für die vielfache Anregung und liebenswürdige Förderung, die er mir bei dieser Arbeit zuteil werden ließ, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Geboren bin ich am 16. Juni 1907 als Sohn des Bürgermeisters Dr. Bernhard Steinbach in Manderscheid. Am 15. März 1927 erhielt ich am humanistischen Kaiser-Wilhelms-Gymnasium in Trier das Zeugnis der Reife. Ich studierte dann 3 Semester Medizin in Bonn und Würzburg, widmete mich aber danach dem Studium der Zahnheilkunde. Im Mai 1930 bestand ich in Rostock das zahnärztliche Physikum. Nach weiteren 4 Semestern erhielt ich am 20. August 1932 die zahnärztliche Approbation. Anschließend fertigte ich meine Doktorarbeit an.